

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-313027

(43)Date of publication of application : 24.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01N 21/88
G01N 23/225
G01N 27/60
G01R 1/06
G01R 31/302
// H01J 37/28

(21)Application number : 10-004689

(71)Applicant :

SCHLUMBERGER TECHNOL INC

(22)Date of filing : 13.01.1998

(72)Inventor :

TALBOT CHRISTOPHER G
LO CHIWOEI WAYNE
ORJUELA LUIS CAMILO
WANG LI

(30)Priority

Priority number : 97 782740

Priority date : 13.01.1997

Priority country :

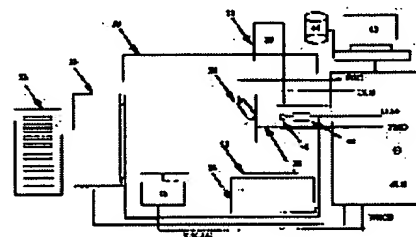
US

(54) DETECTING METHOD AND DEVICE OF DEFECTIVE WAFER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the concealed defectives to be disclosed by a method wherein the electric charge is applied to a wafer in a specific state to obtain voltage contrast data so as to detect a component at a different voltage by analyzing these data.

SOLUTION: A low energy electron supply source 24 is inserted from the side of a column 20 so as to flood a wafer 22 in the vision of the column 20 with electrons. Besides, in the case of scanning the electronic beams, a secondary electron detector 26 is provided for detecting the secondary electrons emitted from the surface of the wafer 22. In order to optimize the capacity of a detector 26 detecting the the voltage contrast between a floating component in the wafer 22 and another grounded component, a filter mesh 28 is provided between the wafer 22 and the detector 26. The mesh 28 is held at the bias voltage so that the electrons at higher than the specified energy may pass the detector 26 further to be detected. Besides, the response from the detector 26 is enhanced by a photoelectric doubling tube 30.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-313027

(43)公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.⁸

H O 1 L 21/66

識別記号

FI

H O 1 L 21/66

B

G O 1 N 21/88

23/225

27/60

G O 1 N 21/88

23/225

27/60

E

$$\mathbf{Z}$$

審査請求 未請求 請求項の数42 O.L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特種平10-4689

(22) 出願日

平成10年(1998)1月13日

(31)優先権主張番号 08/782740

(32)優先日 1997年1月13日

(33)優先權主張国 米国 (US)

(71)出願人 591068137

シュルンベルジェ テクノロジーズ, インコーポレイテッド

SCHLUMBERGER TECHNOLOGIES, INCORPORATED

アメリカ合衆国、カリフォルニア

95115, サン ノゼ, テクノロジー ド
ライブ 1601

(72)発明者 クリストファー グラハム タルボット

アメリカ合衆国、カリフォルニア

94025, メンロ パーク, フォーティ
ーンズ アベニュー 658

(74)代理人 弁護士 小橋 一男 (外1名)

最終頁に続く

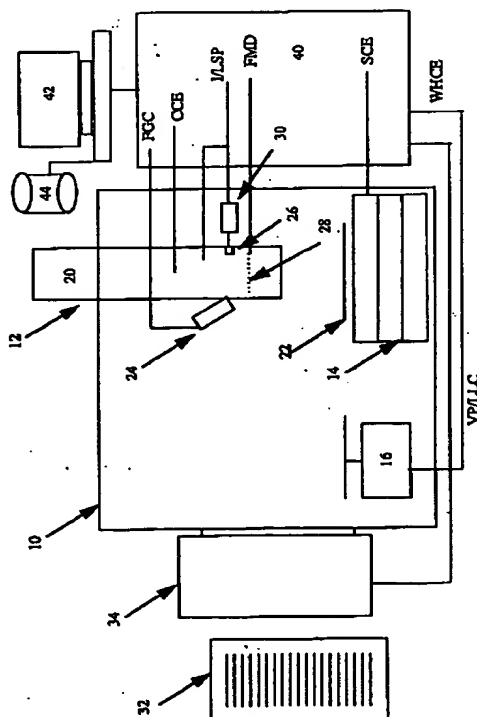
(54)【発明の名称】 ウエハにおける欠陥を検知する方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体ウエハ内に隠されている欠陥を検知することの可能な電氣的欠陥検知方法及び装置を提供する。

【解決手段】 本発明に基づく半導体ウエハにおける電気的欠陥を検知する方法は、（a）電気的に分離されている構成体が電気的に接地されている構成体と相対的にある電圧へ上昇されるようにウエハへ電荷を付与し、

(b) 電子ビームを使用してこのような構成体を含むウェハの少なくとも1部に対して電圧コントラストデータを獲得し、(c) 該電圧コントラストデータを解析してこのような構成体に対する所定の電圧と異なる電圧にある構成体を検知する、上記各ステップを有している。電圧コントラストデータは多数の形態のうちの1つをとることが可能であり、簡単な形態においては、電子ビームのラインスキャン上の多数の位置に対するデータを採取し且つ一連の電圧レベル及びビーム位置として表示させるか又は格納することが可能である。一方、一連のスキャンからのデータを電圧コントラスト画像として表示することが可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウエハ上のダイにおける電氣的欠陥を検知する方法において、

(a) 前記ダイ内の電氣的に分離されている構成体が電氣的に接地されている構成体と相対的にある電圧へ上昇されるように前記ウエハの所定の領域へ電荷を付与し、

(b) 前記ダイの領域内の構成体に対する電圧コントラストデータを得るために前記領域をプロービングし、

(c) 前記電圧コントラストデータを解析してこのような構成体に対する所定の電圧と異なる電圧にある構成体を検知する、上記各ステップを有しており、前記電荷を付与するステップが、前記領域がプロービングされる分解能よりも著しく低い分解能において前記領域へ電荷を付与するように実施されることを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1において、ステップ(a)が前記ダイの前記領域を比較的低いエネルギーの電子でフラッディングさせることを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項2において、前記フラッディングステップが、単一のステップで前記領域の少なくとも主要な部分へ電子を付与することを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項1において、ステップ(b)が前記構成体と交差する一連のスキャンラインで前記領域を横断して荷電粒子ビームをスキャンすることを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項4において、前記荷電粒子ビームが前記領域の全面積よりも実質的に少ない面積をスキャンすることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項1において、ステップ(b)が前記ダイの前記領域の電圧コントラスト画像を得ることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項6において、ステップ(c)が前記電圧コントラスト画像を前記所定の電圧にある対応する構成体の画像と比較することを特徴とする方法。

【請求項8】 請求項6において、ステップ(c)が前記電圧コントラスト画像を前記ウエハ上の他の箇所の対応する構成体の画像と比較し且つ該画像の間の差異を決定することを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項1において、ステップ(c)が前記電圧コントラストデータを設計データから決定した該構成体に対する予測電圧と比較することを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項1において、ステップ(c)が短絡、ゲート短絡、開放ビア、導体を架橋する破損されている導体線、及び行方不明の拡散部からなるグループから選択された欠陥の存在を決定するために前記電圧コントラストデータを解析することを特徴とする方法。

【請求項11】 請求項1において、更に、前記ウエハを欠陥について光学的に検査し且つこのような検査によって検知された欠陥を前記電圧コントラストデータの解析によって検知された欠陥と比較することを特徴とする

方法。

【請求項12】 請求項11において、更に、光学的検査によって検知された欠陥が前記コントラストデータとの比較により前記構成体に関し電氣的な影響を有するものでないかを決定することを特徴とする方法。

【請求項13】 請求項1において、前記ウエハに対して適用される製造処理ステップによって分離されるステップ(a) - (c)を繰返し行なうことを特徴とする方法。

【請求項14】 半導体ウエハ上のダイ内の電氣的欠陥を検知する装置において、

(a) 前記ダイ内の電氣的に分離されている構成体が電氣的に接地されている構成体と相対的にある電圧へ上昇されるように前記ウエハの所定の領域へ電荷を付与する手段、

(b) 前記電荷を付与する手段よりも著しく高い分解能を持っており、このような構成体を含むダイの領域に対して電圧コントラストデータを得るためのプローブ、

(c) このような構成体に対する所定の電圧と異なる電圧にある構成体を検知するために前記電圧コントラストデータを解析する手段、を有することを特徴とする装置。

【請求項15】 請求項14において、前記ウエハへ電荷を付与する手段が荷電粒子フラッドガンに有していることを特徴とする装置。

【請求項16】 請求項15において、前記荷電粒子フラッドガンが前記ウエハに対して比較的低いエネルギーの電子を付与することを特徴とする装置。

【請求項17】 請求項14において、前記プローブが前記ダイの前記領域を横断して電子ビームをスキャンする電子ビームプローブ装置を有することを特徴とする装置。

【請求項18】 請求項14において、前記電子ビームプローブが、更に、電子ビームを前記領域を横断してスキャンさせる場合に前記ダイから射出される二次電子に対する検知器を有していることを特徴とする装置。

【請求項19】 請求項17において、前記電子ビームプローブが前記領域の全面積よりも実質的に小さな面積を横断して前記ビームをスキャンすることを特徴とする装置。

【請求項20】 請求項14において、前記電圧コントラストデータを解析する手段が、前記領域から得られた電圧コントラストデータを、別のデバイスの対応する領域から得られた電圧コントラストデータと比較することを特徴とする装置。

【請求項21】 請求項14において、前記電圧コントラストデータを解析する手段が、前記電圧コントラストデータを、前記ダイに対して設定データから派生される予測された電圧コントラストデータと比較する手段を有していることを特徴とする装置。

【請求項22】 半導体ウエハ上のデバイスであって、接地電圧にある構成体と接地と相対的なフローティング電圧にあるその他の構成体とを具備するデバイスにおける電氣的欠陥を検知する方法において、

(a) 前記構成体と交差するように一連の離隔されたスキャンラインで前記デバイスの所定領域の表面を横断して荷電粒子ビームをスキャンニングし、

(b) 前記一連における各スキャンラインに対し電圧コントラストデータを獲得し、

(c) 前記スキャンラインからの電圧コントラストデータを解析してその構成体に対する所定電圧に対して異なる電圧にある構成体が存在するか否かを決定する、上記各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項23】 請求項22において、前記荷電粒子ビームが前記スキャンラインの間隔と比較して前記スキャンラインに沿って実質的により大きな分解能でスキャンニングされる電子ビームを有していることを特徴とする方法。

【請求項24】 請求項23において、前記電子ビームが前記所定の領域の50%未満をカバーするようにスキャンニングさせることを特徴とする方法。

【請求項25】 請求項23において、前記スキャンラインの間隔が前記構成体の実質的に全てが前記スキャンラインによって交差されることを確保するように選択されることを特徴とする方法。

【請求項26】 請求項22において、1本のスキャンラインに対する電圧コントラストデータを前記ウエハ上の別のデバイス上の対応するラインに対して得られたものと比較することを特徴とする方法。

【請求項27】 半導体ウエハ上のデバイスにおける電氣的欠陥を検知する装置において、

(a) 前記デバイスにおける構成体と交差するように一連の離隔されたスキャンラインで前記デバイスの表面の所定領域を横断して荷電粒子ビームをスキャンニングさせる荷電粒子ビームプローブ、

(b) 前記スキャンラインに対する電圧コントラストデータを得るための二次粒子検知器、

(c) その構成体に対する所定の電圧に対し異なる電圧にある構成体が存在するか否かを決定するために前記電圧コントラストデータを解析する手段、を有することを特徴とする装置。

【請求項28】 請求項27において、前記荷電粒子ビームプローブが前記スキャンラインの間隔と比較して前記スキャンラインに沿って実質的により大きな分解能でスキャンニングされる電子ビームを有していることを特徴とする装置。

【請求項29】 請求項28において、前記プローブが前記所定の領域の50%未満にわたり前記電子ビームをスキャンニングさせることを特徴とする装置。

【請求項30】 請求項27において、前記電圧コント

ラストデータを解析する手段が、前記データを別の装置から得られた対応するデータと比較して両者の間に差異が存在するか否かを決定するための手段を有していることを特徴とする装置。

【請求項31】 請求項27において、更に、前記ウエハを前記電子ビームプローブと相対的に移動させることの可能な前記ウエハ用のステージを有することを特徴とする装置。

【請求項32】 請求項15において、前記プローブがカラム軸と対物レンズとを具備する荷電粒子ビームカラムを有しており、且つ前記荷電粒子フラッドガンが該カラム内に位置されており、従って前記フラッドビームが前記対物レンズから出る場合に前記フラッドビームが前記カラム軸に対して平行であることを特徴とする装置。

【請求項33】 請求項32において、前記プローブが、更に、一次ビーム供給源を有しており、更に、前記ウエハと相対的な前記カラムの作業距離を変更することなしに、前記供給源からの一次ビーム及び前記フラッドガンからのフラッドビームを交互に前記ウエハへ付与するためのビームスイッチング要素を有していることを特徴とする装置。

【請求項34】 請求項33において、更に、前記一次ビームか又は前記フラッドビームのいずれかが前記ウエハへ付与されるかを選択するための制御可能な偏向器を有していることを特徴とする装置。

【請求項35】 請求項34において、前記偏向器が一对の実質的に同心状の部分的球状電極を有していることを特徴とする装置。

【請求項36】 請求項32において、前記カラムが、フラッドビームスポットよりも著しく大きな前記ウエハの領域にわたり前記フラッドビームをスキャンニングさせるラスタースキャンニングコイルを有していることを特徴とする装置。

【請求項37】 請求項32において、前記カラムが、フラッドビームスポットよりも著しく大きな前記ウエハの領域にわたり前記フラッドビームをスキャンニングさせるための静電偏向器を有することを特徴とする装置。

【請求項38】 請求項33において、前記カラムがフラッドビームスポットよりも著しく大きな前記ウエハの領域にわたり前記フラッドビームをスキャンニングさせ且つ一次ビームスポットよりも大きな前記ウエハの領域にわたり前記一次ビームをスキャンニングさせる1組のラスタースキャンニングコイルを有することを特徴とする装置。

【請求項39】 請求項32において、前記フラッドガンが数百 μ Aのビーム電流を持ったフラッドビームを送給することが可能であることを特徴とする装置。

【請求項40】 請求項1において、電荷が付与される前記所定の領域が、前記ダイの別の部分への不所望の抵抗性短絡を有する導体を包含しており、且つ付与される

電荷の量が前記導体を充電させて、フローティング導体と接地されている導体との間に電圧コントラストを確立するのに充分なものであることを特徴とする方法。

【請求項41】 請求項1において、前記電荷が付与される前記所定の領域が大きなフローティング導体ネットワークを包含しており、且つ付与される電荷の量が、前記ネットワークを充電させて、前記ネットワークと前記ダイの周りの構成体との間に電圧コントラストを確立させるのに充分なものであることを特徴とする方法。

【請求項42】 請求項1において、前記ダイが複数個の大きなネットワークを有しており、前記電荷が付与される前記所定の領域が、前記ネットワークのうちの第一のネットワークの一部を有しており、且つ前記電圧コントラストデータの解析が、前記ネットワークのうちの第二のネットワーク上において電荷を検知することが可能であるか否かを決定することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体集積回路の製造において使用されるウエハ上に形成されるダイにおける欠陥を検知するために使用する方法及び装置に関するものである。特に、本発明は、これらのダイから製造される集積回路デバイス（装置）の性能に影響を与え且つそうでなければ従来の検査手順において見つけることの不可能なダイ内の欠陥を検知するために製造処理期間中に電子ビーム装置を使用してこのようなウエハを検査することの可能な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体の製造プロセスは、典型的に直径が8インチの円形状のシリコンウエハの処理を包含している。該処理は、酸化及び付着、リソグラフィ、エッチング、ドーピング（注入及び拡散）等の一連のステップの繰返しを包含している。使用される生産プロセスの成熟度に依存して、処理ステップ間において、粒子／生産欠陥、マスク整合及びクリチカル（臨界的）寸法測定に対してウエハを検査する場合がある。検査の頻度は、プロセスの開発段階における全てのウエハについて行なうもの、又は成熟したプロセスからの交互の生産ロットからのウエハについて行なうことが可能である。

【0003】 粒子（生産欠陥）検知は、製造プロセスにおいて導入された汚染粒子の存在、又はデバイス（装置）の構成体内に不所望の特徴を発生させるような処理上の欠陥が発生した区域のいずれかを検知する。例えばテンコア（Tencor）インストルメンツ又はKLAインストルメンツによって提供されているような現在の粒子検知方法は、米国特許第4,347,001号、第4,378,159号、第4,755,874号、第766,324号、第4,845,558号、第4,898,471号、第5,030,008号、第5,131,755号、第5,264,912号、第5,27

6,498号、第5,355,212号、第5,416,594号、第5,438,413号及び欧州特許出願62478Aに記載されているような光学的技術、又はKLA S E M S p e c システムのようなトポグラフィ（地形的）画像形成スキニング電子顕微鏡技術、又はJP61-88294に記載されているような技術を使用して、ウエハの表面からのトポロジ情報を得ることを包含している。

【0004】 これらの現在の技術は、「キラー」欠陥として知られる完成した集積回路（IC）の動作に影響を与えるような欠陥（粒子）と、「迷惑」欠陥として知られる悪影響を与えることのないような欠陥との間の区別を行なうものではない。迷惑欠陥は検知された欠陥の90%を占める場合があるので、そうでなければ動作可能なICの許容可能な歩留まりを発生するウエハが拒否されることがないことを確保するために何らかの形態の再検討が必要である。この再検討は、現在のところ、手作業である。検査システムによって識別された欠陥を含むウエハの画像を検査することによって欠陥を類別する。再検討は、典型的に、光学的又はスキニング電子顕微鏡（SEM）再検討ステーション上で実施される。オペレータが従来の経験及び欠陥位置に基づいて欠陥を類別し且つ表の形とする。ウエハの歩留まりに影響を与える迷惑欠陥の数を減少させるために、比較的遅く手作業の欠陥類別が現在の唯一の方法である。このプロセスは欠陥が完成したデバイス（装置）の性能に影響を与えるか否かの直接的な情報を与えるものではない。

【0005】 これらの方法は、更に、それが迷惑欠陥であるか又はキラー欠陥であるかに拘らず、表面から見ることでできない欠陥を検知することが不可能であるという問題を有している。目に見えないキラー欠陥は、例えば、開放ビア（vias）、不完全なビア孔及びゲート酸化物完全性問題等の問題を包含している。これらの全ては動作不可能なデバイスとさせることが可能であるが、現在のインライン欠陥検知システムで検知することは不可能である。更に、半導体の幾何学的形状がますます小型化するに従い、精度が分解能の光学的回折限界によって制限されるために、光学的技術の有用性は低下する。0.25 μ mの幾何学的形状の集積回路の場合、半導体製造プロセスにおいて一般的に遭遇する50%未満のキラー欠陥は、短波長UV範囲内で動作する場合であっても、光学的技術を使用して観察することが可能である。光学的技術は、又、化学機械的研磨ステップの後においてはその動作の有効性が低下する。何故ならば、平坦な表面が形成され、ある光学的欠陥検知方法においては重要な要素である散乱光が欠陥によって発生される蓋然性が低下するからである。

【0006】 ダイとダイとの比較方法を使用したSEMを基礎とした検査システムが提案されている。このようなシステムは、トポグラフィ即ち地形的な情報を得るた

めに最適化されている。公知の技術は小さなピクセル寸法(0.1 μm)を有しており、従って、完全なウエハに対して10乃至80時間の程度の非常に長い検査時間を有している。これは、迷惑欠陥検知の高い発生率と結合されて、このような技術を生産のために使用することを好ましくないものとしている。トポグラフィ即ち地形的なデータは隠れた欠陥を露見させるものではなく、従って光学的方法の欠点を有している。ウエハの電圧コントラスト画像を得るために電子ビームプローバーを使用することが従来提案されている。然しながら、これらの技術は良好な画像を得る前に、何回もウエハ上を電子ビームをスキャンさせることを必要とするので時間がかかるものである。

【0007】SEM、及び集積回路装置における構成体の機能的プロービングに対して公知のSEMの変形例である電子ビームプローバーは、デバイス即ち装置の電圧コントラスト画像を得るためにしばしば使用される。電圧コントラスト画像においては、画像形成される構成体の電圧が該画像におけるその構成体の輝度を決定する。これは電圧コントラストを向上させるために、それらのエネルギーに依存して、二次電子の検知を制御するためにフィルタ電極グリッドを使用することによって達成される。このようなアプローチは、製造プロセスの信頼性のインジケータとして、ウエハ内に形成されるテスト構成体を画像形成するために使用されている。

【0008】SEMは部分的に完成したマルチチップモジュール基板(MCM)における隠れた欠陥を検知するために使用されており、且つこれらの技術の例は米国特許第4,415,851号、第4,417,203号、第4,443,278号に記載されている。これらの特許は、2keV電子フラッドガンを使用してMCM基板の導電性ネットへ電荷を付与し、次いで該MCM基板のノードを電子ビームプローブを使用して検査し、該プローブをノードからノードへベクター処理して該ノードにおいて存在する電圧を測定し且つ該ネットを放電させる技術を記載している。該電圧測定を使用して、該ネット内の欠陥の存在を表示する。この技術で検査したMCMは、多数の完成したICデバイスを位置決めし且つ接続させることを意図している。導体をプレチャージするためにより高い及びより低いエネルギーのフラッドガンを使用する同様の技術がMCMに対して適用されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上の点に鑑みなされたものであって、上述した如き従来技術の欠点を解消し、上に概略した公知の光学的系统の欠点を有することがなく且つ隠れた欠陥を露見させることの可能な半導体ウエハを検査するのに適したシステムを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の1側面によれ

ば、半導体ウエハにおける電氣的欠陥を検知する方法が提供され、それは、(a)電氣的に分離された構成体を電氣的に接地された構成体と相対的にある電圧へ上昇させるようにウエハへ電荷を付与し、(b)電子ビームを使用してこのような構成体を含むウエハの少なくとも一部に対し電圧コントラストデータを獲得し、(c)該電圧コントラストデータを解析してこのような構成体に対する所定の電圧と異なる電圧にある構成体を検知する、上記各ステップを有することを特徴としている。

【0011】電荷の付与は、典型的に、ウエハを比較的低いエネルギー(約1keV)の電子でフラッディングすることによって達成される。フローティングしているウエハ内の導電性構成体がこのような電荷を保持し且つウエハ内の接地されている構成体と比較して上昇された電圧に維持される。電圧コントラスト画像はこのような構成体の間において差別化を行なう。電子ビーム又はSEM装置からの電圧コントラスト画像の採取は容易に達成される。ウエハ上に電子ビームをスキャンさせ且つウエハから射出される二次電子を検知する。ウエハ上の与えられた位置に対して検知された電子の数がその点における該構成体の電圧を表わす。比較的高い電圧構成体と接地電圧構成体との間のコントラストの最適化は、フラッディング用電子のエネルギーの適宜の選択及び検知器において所定のエネルギーの電子を検知することを向上させるためにフィルタグリッド電圧を設定することによって達成される。「フラッディング(flooding)」という用語は、本明細書においては、例えばプロービング即ち探査において使用されるような高分解能ではなく、比較的发散性のビームにおいてウエハへ電子

(又はその他の荷電粒子)が付与されることを表わすために使用されている。フラッディングスポット寸法及びビーム電流は、電圧コントラストデータを得るために使用されるスポット寸法よりも数桁大きなものである場合がある。フラッディングは、プロービング(探査)供給源に加えて1つ又はそれ以上のフラッディング供給源を使用して達成することが可能である。更に、同一の供給源を、いずれの機能が実施されるかに依存してビームスポット寸法及びビーム電流の調節と共に、両方のために使用することが可能である。

【0012】電圧コントラストデータは多数の形態のうちの1つをとることが可能である。簡単な形態においては、電子ビームのラインスキャン上の多数の位置に対するデータをとることが可能であり且つ一連の電圧レベル及びスキャン位置として表示するか又は格納することが可能である。従って、別の側面においては、本発明は、半導体ウエハ上のデバイスであって、ある構成体が接地電圧にあり且つその他の構成体が接地と相対的なフローティング電圧にあるデバイスにおける電氣的欠陥を検知する方法が提供され、該方法は、(a)一連の離隔したスキャンラインで前記デバイスの表面を横断して電子ビ

ームをスキャンさせ、(b) 該一連における各スキャンラインに対し電圧コントラストデータを獲得し、

(c) 前記スキャンラインからの電圧コントラストデータを解析してその構成体に対する所定の電圧に対して異なる電圧にある構成体の存在を決定する、上記各ステップを有することを特徴としている。

【0013】電子ビームがウエハ上をスキャンされる態様は、ウエハ表面の全ての部分をスキャンすることなしに、電圧レベルを信頼性をもって決定するために十分なデータを採取するために最適化させることが可能である。このような最適化は、必要とされるスキャンラインの数を減少させながら、従ってダイを検査するための時間を減少させながら、キラー欠陥に起因する全ての機能的欠陥を検知するために十分に詳細に構成体を検査することを確保することを試みる。その最も簡単な形態において、この最適化は規則的な間隔でのダイを横断してのスキャンラインを有する場合がある。然しながら、これは全ての構成体を検査されることを確保するものではない。その他のアプローチは、ダイ内の各導電性トレースの端部を横断してのスキャンを包含し、これらの位置は設計データ又は基準(参照)ダイから決定される。スキャン期間中にビームがある程度偏向することが可能であるので、これらの端部はビームの尺度(0.2 μm)において絶対に直線上の配置にあることは必要ではなく、例えば1 μm のより幅広のウインドウ内の存在することが可能である。該ビームは、通常、一方向にのみスキャンし、一方構成体は、典型的に、互いに直角に位置しているので、必要な電圧コントラストデータを得るために、最初にウエハを1つの方向にスキャンし次いで90度回転させた後に再度スキャンすることが必要な場合がある。別の技術は、ウエハ上の構成体の軸又はウエハを担持するステージの軸に対して直交する方向にビームをスキャンさせることである。これらのスキャンラインの数及び動作は設計データの解析によって決定することが可能である。

【0014】別のアプローチは、電圧コントラスト画像として電圧コントラストデータを表示することである。電圧コントラスト画像又はラインスキャンデータを解析して、予定されているものよりも一層高いか又は一層低い電圧にある構成体、即ち欠陥のために分離されているか又は接地されている構成体を識別することが可能である。解析は、例えばウエハ上の1つのダイからの電圧コントラストデータである1組の電圧コントラストデータを、例えば、1つ又はそれ以上の前のダイ上の対応する構成体に対する電圧コントラストデータである1つ又はそれ以上のその他のこのような組と比較し、それらの間の差異を決定することによって達成することが可能である。このような比較は、同様に、光学的画像における粒子の存在を検知するための光学的技術において使用される。別の技術は、電圧コントラストデータを設計データ

から派生された構成体の予測された電気的性能と比較することである。

【0015】このような態様でフローティング及び接地されている導体を検知することは、キラー欠陥を見つけ出すための信頼性があり且つ無接触の手段を提供している。その構成体が既知の正しいウエハから予測されるものと異なる電圧にあるか否かを識別するために、構成体上の1つの位置においてのみの測定が充分である可能性がある。半導体製造プロセスにおける導体形成ステップ期間中に(典型的に、1-3ポリシリコンレベル及び2-6メタル層)、ある導体は電気的に基板から分離されており(フローティング)且つある導体は電気的に基板へ接続されている(接地接続)。例えば、ウエハを荷電させ且つ電子ビームでスキャンする期間中に、フローティング導体は小さな正の電圧へ充電し、且つ、電圧コントラスト画像(トポグラフィ又は物質のコントラストではなく)を発生するために最適化させた検知装置で二次電子を検知する場合に、これらはくすんだように見え、一方基板を介して接地されている導体は荷電されず且つ同一の画像において明るく見え、且つ絶縁体は暗いバックグラウンドとして表われる。

【0016】

【発明の実施の形態】次に、図1を参照して説明すると、本発明に基づくシステムは、電子ビーム装置12と、ステージ14と、ウエハ取扱いロボット16とを収納している真空室10を有している。該電子ビーム装置は、例えばカリフォルニア州サンノゼのシュルンベルジェテクノロジーズ、インコーポレイテッドの自動テスト装置デビジョンから入手可能なIDS10000等のIC電子ビームブローピング装置において使用されているようなスキャン電子顕微鏡カラム20を有している。カラム20はステージ14の情報に位置されており、ステージ14は半導体IC製造用ウエハ22を支持することが可能であり且つ2つの方向に移動することが可能である(XYステージ)。ステージ14はウエハ22の任意の部分をカラム20の視野内に位置させることが可能であるように配設されている。低エネルギー(約1 keV)電子供給源24が該カラムの側部から挿入されており且つカラム20の視野内におけるウエハ22を電子でフラッシングさせるべく配設されている。該電子ビームがスキャンされる場合に、ウエハ22の表面から射出した二次電子を検知するために二次電子検知器26が設けられている。ウエハにおけるフローティング構成体と接地されている構成体との間の電圧コントラストを検知するために検知器26の能力を最適化させるために、ウエハ22と検知器26との間においてバイアスさせたフィルターメッシュ28が設けられており、メッシュ28は所定のエネルギーより高い電子のみが検知器26を通過し且つ検知されるようなバイアス電圧に保持されている。該検知器の応答は光電子増倍管30によって

向上される。

【0017】ウエハ22が図示した如く真空室10内部に位置させることが可能であり又は適宜真空室の外部に位置させることの可能なハンドラーロボット16によってステージ14上に位置されている。このようなロボットは半導体製造プロセスにおいて一般的なものである。ロボット16に対してアクセス可能であるように、ウエハのカセット32がロードロック34内にローディングされ、ロードロック34は、次いで、密封状態とされ且つ真空室10の圧力へ低下される。このことは、新たなウエハのカセットを挿入する度に、真空室を大気圧へあげることの必要性を減少させている。それ自身CAD設計データ及び最適化したラインスキャン明細のデータベース44を包含するコンピュータ42からの制御下で動作される制御システム40が、このシステムの動作を制御する。該制御システムは、カラム制御エレクトロニクスCCE、画像／ラインスキャンプロセッサI/LSP、フィルタメッシュドライバFMD、ステージ制御エレクトロニクスSCE、ウエハハンドラー制御エレクトロニクスWHCE、真空ポンプ及びロードロック制御器VP/LLC、フラッドガン制御器FGCを包含している。

【0018】カラム20の対物レンズ側におけるフラッドガン24及び検知器26の配列のより詳細な状態を図2に示してある。この場合には、例えばキンボールフィジックス(Kimball Physics)ELG5等の適宜のフラッドガン124がカラム120の片側に位置決めされており且つ対物レンズ142の上方においてビームP内に位置決めされた偏向器140を介してカラムの一次ビームP内にフラッディングビームFを投影すべく配設されている。偏向器140は一对の平行なプレート144、146を有している。フラッドガン126に最も近いプレート144は、アパーチャ148を有しており、それを介して、フラッディング即ちフラッド用ビームFが通過することが可能であり、且つ該プレートは接地電位に保持されている。他方のプレート146は一次ビームPの経路に沿って且つウエハ上へフラッディングビームFを偏向させるために充分に高い電圧に保持されている。二次電子検知器126が該カラムの片側に位置されており且つ殆どの電子フラッディング状態において数十ボルト(例えば、50-100V)に保持されている電極構成体150によって保護されている。フラッディングビームの付与は、フラッドガン124の端部に隣接する同様の電極構成体152を使用することによるか又は電子供給源(不図示)近傍の内部電極を使用することによって、ターンオン及びオフさせることが可能である。

【0019】該フラッドガンは、比較的低いエネルギーの電子からなるビームを供給すべく動作する。該エネルギー範囲の上限は、通常、約1.5keVであると考えられている(このエネルギーより高い場合には、該装置が、ア

ルミニウムからのブレムストローリング(Bremsstrahlung)照射又は規制されていない負の電荷によって損傷される可能性がある)。二次電子の収率が1より大きなエネルギー範囲において動作することが望ましいものと考えられている(エネルギーは、2つの「クロスオーバー」の間である)。半導体ウエハにおける殆どの物質の場合には、600eV乃至1.5keVの範囲内であると一般的に考えられており、正確な範囲は、基板物質及びウエハの製造段階に依存する。ウエハにおけるフラッドガンのスポット寸法は、典型的に、50 μ m乃至500 μ mの範囲内に調節可能である。ビーム電流は、1nA乃至30 μ Aの範囲内に調節可能である。スポット寸法及びビーム電流は、両方とも、ウエハの興味のある区域における測定可能な電圧コントラスト(数ボルト、典型的に1V未満)を得るために所望の電流密度を提供するために両方とも調節される。

【0020】図3(a)-(d)は、フローティング(暗部)又は接地(明部)されている構成体を具備するICウエハの一部の電圧コントラスト図を模式的に示している。図3(a)は正しい配列状態を示している。図3(b)は位置Xにおいて不良のビア(via)を有する場合にどのように電圧コントラスト画像が表われるかを示している。この欠陥は光学的画像においては見ることができないものであり、その結果、構成体Aは接地と相対的にフローティングとなる。図3(c)は構成体Aにおける破断されたラインの影響を示している。構成体Aは他方の接地された構成体へ正しく接続しているが、該ラインにおける破断が位置Yを超えた部分が接地に対してフローティングすることを許容している。図3

(d)は意図したフローティング構成体を電気的に接地されている構成体へ接続する位置Zにおける電氣的短絡の影響を示している。図4(a)及び(b)は、同一のものであることが意図されているメモリ装置の対応する部分のSEMによって派生された電圧コントラスト画像を示している。該デバイス即ち装置のうちの一方における1つの欠陥が、構成体Qが図4(a)において接地されているものとして表われ且つ図4(b)においてフローティングしているものとして表われることを意味している。注意すべきことであるが、その他の情報が存在しない場合には、どちらの画像がエラーを有しているものかを決定することは不可能である。このことは、該画像を既知の欠陥のないデバイス(装置)の対応する画像と比較することによって決定することが可能であり、又は、他方のデバイスから1つ又はそれ以上の対応する画像を採取し且つ光学的欠陥検知において使用したものと同様の欠陥検知アルゴリズムを適用することによって所要の情報を与えることが可能である。一方、この構成体に対するCADデータの解析は、構成体Qがこの製造段階においてフローティングしているか又は接地しているかを告げることが可能である。

【0021】本発明の別の好適実施例においては、電圧コントラスト画像ではなくラインスキャンデータの解析によって欠陥の存在を決定することが可能である。このことを図5に示してある。図3(a) - (d)のラインSS又はTTに沿って電子ビームをスキャンすると、図5に示した電圧コントラストデータ（接地電圧Vg又はフローティング電圧Vf）対スキャンライン上の位置が発生される。

【0022】未知のデバイス（b, c又はd）からの信号と既知のデバイス（a）からの信号との間の差を得た後に、残留信号（Dab, Dac, Dad）はエラーを表わす。注意すべきことであるが、図3(c)に対するスキャンラインTTは、減算の後に残留信号（Dac）を示しておらず、従って欠陥は通常検知されない。然しながら、スキャンラインSSは残留信号（Dac）が発生し、それは欠陥を表わす。このことから、欠陥を検知することを可能とするために本発明の場合には完全な画像を得ることが必要でないことが理解される。何故ならば、本方法は従来の光学的方法における場合のようにデバイスの様相ではなくデバイスの電気的挙動に依存するものだからである。設計データを使用することは、どのスキャンラインが同一の構成体をクロスするかを決定することを可能とし、且つ継続性を決定するために比較することが可能である。

【0023】ラインスキャンアプローチにおいては、ウエハをステージ上の直交する方向（X）に移動させながら、電子ビームを1つの方向（Y方向）においてダイを横断して繰返しスキャンさせる。従って、ダイは1つの画像を得るために使用される周波数の典型的に10分の1でスキャンされ、即ち、スキャンラインは画像形成ラインよりも10倍離れている。このことは、ダイ当たりのスキャン数が10倍減少されていることを意味しており、従って、対応するファクターだけ処理時間を減少させている。その方向に整列されている全てのダイがスキャンされるまで1つの方向にウエハを移動させ、次いで、次の行のダイへ1個のダイ位置移動させ、ステージ運動方向を逆にさせることがより便利である。殆どの場合において、各ダイは該ビームの複数個の視野を使用してスキャンされ、即ち、ダイの1つの部分のみ

（「視野」）が任意の時間においてプレチャージされ、次いでスキャンされ、次いで別の部分がプレチャージされ且つスキャンされ、且つそのダイが完了するまで以下同様に行なわれる。この技術は、ダイのスキャンが完了する前に電荷が散逸する問題を回避するために使用することが可能である。

【0024】任意のいずれか1つの視野をスキャンするために必要とされる全時間はプレチャージ時間とスキャン時間に依存することが理解される。本明細書において記載したプレチャージアプローチはダイ上に電荷を付着させる上でより一層効率的なものであり、且つスキ

ャニングラインは離隔されているので、電圧コントラストデータを得るために必要な時間は電荷を付与するためにスキャンニングビームを使用し、次いで解析のために画像を獲得する従来のアプローチよりも著しく短くさせることが可能である。上述した実施例の場合には、ある従来のシステムと比較して処理能力における改善が100倍となることが予測される。

【0025】本発明に基づいてウエハの欠陥を検知するのに適したシーケンスは以下の如くである。

【0026】セッティングアップ

(1) カラム下側のステージ上にロードロックを介してウエハをローディングし且つステージ上に整合させる。

【0027】(2) 電子ビームのセッティングアップ：フォーカスさせ、非点収差変動を決定し、フォーカスマップを用意し、両者によって発生されたSEM画像の比較によって一次ビーム及びフラッドビームを整合。

【0028】(3) ウエハとの電子ビームの整合/レジスタ。

【0029】(4) データベースからウエハ用の最適化させたスキャンラインパターンのコンピュータファイルの検索。

【0030】動作

(1) ステージ運動の開始（X方向）。

【0031】(2) フラッドガンを使用して約1msの間、第一ダイにおける第一視野のプレチャージ。

【0032】(3) 電子ビームでの第一視野の検査（Y方向においてダイをスキャン）。

【0033】(4) 第一視野に対する電圧コントラストデータの格納。

【0034】(5) X方向における次の視野のプレチャージ。

【0035】(6) 電子ビームでの次の視野の検査。

【0036】(7) 次の視野に対する電圧コントラストデータの格納。

【0037】(8) 第一ダイが完了するまでステップ5乃至7の繰返し及び電圧コントラストデータの格納。

【0038】(9) X方向において次のダイに対するステップ2乃至8の繰返し。

【0039】(10) 次のダイに対する電圧コントラストデータと前のダイ又は複数個のダイからの電圧コントラストデータの整合及び比較及び差の決定。

【0040】(11) ウエハ欠陥マップファイルにおいて差の位置を記録。

【0041】(12) 整合及びビームフォーカスのモニタ。

【0042】(13) ウエハ上の最後のダイに到達するまでステップ2乃至12の繰返し。

【0043】(14) 記録した欠陥数とそのウエハに対する所定の最大数を超える場合にフラグを立てる。

【0044】(15) より高い倍率の電圧コントラスト

画像で各欠陥性ネットを再検討し且つ基準（参照）画像と比較し且つオペレータが再検討するために格納。

【0045】（16）次のウエハ。

【0046】上述した構成に対する種々の変形例を、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに構成することが可能である。例えば、ダイ導体を電子ビームでプレチャージし、次いで、それを使用して電圧コントラストデータを得ることが可能であり、即ち、プレチャージ及びブローピングの両方に対して同一の電子ビームを使用することが可能である。然しながら、このアプローチは、そうでない場合にはラインスキニングアプローチによって得ることの可能な改良した処理能力が得られないという欠点を有している。何故ならば、導体を荷電するために電子ビームが最適化されておらず、従って、上述したフラッドガンがそうする場合よりも一層長い時間かかるからである。別の変形例は、1個を超える数のフラッドガンを使用するものである。

【0047】上述した動作シーケンスは、ダイ全体のプレチャージと、それに続いてそのダイに対する完全なスキニング動作を行なうものを包含すべく変更することが可能である。選択された特定のシーケンスは、ダイからの電荷の散逸及びその結果発生する電圧コントラストデータの劣化等のファクターを考慮に入れながら、システム全体の処理能力を向上させるべく最適化させることが可能である。別の変形例は、全ての電圧コントラストデータをデータベース内に格納し且つ例えば別のコンピュータを使用して、特定のウエハに対して回収したデータの全てを一度に比較及び／又は解析することである。

【0048】本発明の更に別の実施例について以下に説明する。

【0049】図6は本発明に基づいてウエハの欠陥を検知するためのシステム600の別の実施例を概略的に示している。図6は、本システムの主要な要素を示すべく簡単化されており、即ち、制御システムとブランカー（不図示）を具備する一次電子ガン605、電子カラム610、制御システムとブランカー620とを具備するフラッドガン615、ビーム屈曲用レンズ622、ラスタースキャンコイル（又は、静電偏向器）625、二次電子検知器630、二次電子検知器エレクトロニクス及び制御器635、制御システム（不図示）を具備する二次電子ブラインド640（例えば、電子フラッディング期間中に検知器を保護するための図2の電極構成体150）、スキニング制御システム645、充電制御電極650、充電制御電極650を検査すべきウエハ660と相対的に所望の電圧に維持するための電圧供給源655、ビーム屈曲用レンズを制御するための一次／フラッドビームスイッチング制御器665を示している。

【0050】ビーム屈曲用レンズ622を使用して、一次ビームか又はフラッドビームのいずれかを、ビームカラム610の対物レンズ（図6においては示していな

い）の光軸へ選択的に整合させる。一次ガンブランカーは、使用されない場合に、一次ビームをブランク（ターンオフ）させ且つ、必要である場合に、一次ビームをアンブランク（ターンオン）させるために使用されている。フラッドガンブランカー620は、必要でない場合に、フラッドビームをブランク（ターンオフ）させ、且つ、必要である場合に、フラッドビームをアンブランク（ターンオン）させるために使用されている。フラッディング期間中に二次電子を反発させ且つ二次電子が検知器630に入ることを防止するために、電圧を二次電子ブラインド640へ印加させる。一次ビーム670のラスタースキャンのために通常使用されるスキャンコイルも、十分なフラッド面積をカバーすることが可能であるように、フラッドビーム675を偏向させるために使用することが可能である。以下の実施例のうちの1つにおいてより詳細に説明するように、フラッドガン光学系のクロスオーバー点の位置に依存して、小さなフラッドビームスポットを得るためにフラッドビーム寸法を高度に縮小させることが可能である。フラッドビームスポットがフラッディングによってカバーされるべき面積よりも小さい場合には、所望の面積をカバーするためにスキャンコイル625を使用してフラッドビームをラスタースキャン動作させる。フラッドビームをラスタースキャン動作させる別の理由は、大きな面積にわたってフラッディングの一様性を得るためであり、従って一様性はビーム形状とは独立的なものである。

【0051】図7はカラム内にフラッドガンを包含する図6のシステムの動作シーケンスを示したシステム制御タイミング線図である。このタイミングシーケンスは画像形成（又は部分的な画像形成）のための一次ビームをウエハ上の電荷を制御するためのフラッドビームと同期させるために制御システム（例えば、図1に示したような、コンピュータ42の制御下にある制御システム40）においてプログラムされている制御論理によって制御される。即ち、ライン705で示したような制御論理シーケンスは、画像形成のために一次ビームがスキャンされる画像形成インターバル（期間）と、ウエハ表面のチャージアップを制御するためにフラッドビームが活性化される充電制御インターバル（期間）を交互に発生させる。ライン710は一次ビームとフラッドビームとを交互に発生させるためのビームスイッチング制御信号を示している。画像形成インターバル期間中に、フラッドビームブランカーがスイッチオンされ（ライン715参照）、一方一次ビームガン605のブランカー及びフラッドビーム屈曲用レンズ622及び二次電子ブラインド640がスイッチオフされ（ライン720及び730参照）、従って、一次ビーム670がウエハ660に対して指向され且つ二次電子は検知器630へ到達することが可能である。更に、画像形成インターバル期間中に、ラスタースキャン用コイル625及び充電制御電極6

50が画像形成のために所望されるそれらのプログラムされている値に設定される(ライン725及び730参照)。

【0052】充電制御インターバル期間中に、フラッドビーム屈曲用レンズ622及び一次ビームガン605のブランカーがスイッチオンされ(ライン720参照)、一方フラッドビームブランカーがスイッチオフされ(ライン715参照)、従って、フラッドビームが動作のために選択される。更に、充電制御インターバル期間中に、二次電子ブラインド640がスイッチオンされ(ライン735参照)、二次電子が検知器630になだれ込むことを防止し、且つラスタースキャン用コイル625及び充電制御電極650は、フラッドビームのために所望されるそれらのプログラムされている値に設定される(ライン725及び730参照)。図6及び7の例においては、一次ビームとフラッドビームとによって同一のラスタースキャン用コイルが共用されるものであることが仮定されているが、所望により、別個のコイルを設けることも可能である。更に、一次ビーム670とフラッドビーム675のデューティサイクル(ライン710参照)は必ずしも同じものではないことが仮定されている。何故ならば、これらのビームは非常に異なる電流及び目的を有しているからである。画像形成期間中にフラッドビーム期間中とは異なる面積範囲をカバーするための柔軟性を与えるために、画像形成インターバルとフラッドビーム期間との間で異なるラスタースキャン用振幅とすることも可能である。

【0053】図8は本発明に基づいてカラム内にフラッドガンを有するシステムを示した概略断面図である。電子カラム(例えば、図1のカラム20及び図6のカラム610等)は、対物レンズ805を有しており、これを介して、一次ビーム及びフラッドビームが、上述した如く、交互に指向される。カラム内にフラッドガンを有する構成は多数の利点を提供する。それらの利点としては、例えば、一次ビームが短い作業距離810で動作することの能力及びフラッドビームと共通の「視野」を共用することの能力等がある。

【0054】図9及び10はカラム内にフラッドガンを有することのないシステムの概略断面図を示している。その他の使用のための従来の構成は、カラムと並置され且つカラム外部にフラッドガンを有している。これらの構成においては、フラッドガンビームは、一次ビームと、カラムのビーム光学系を共用するか又は光軸のセグメントを共用する。カラムに隣接してフラッドガンを有する構成の場合には、カラムはウエハから大きな作業距離910に隔離されねばならず(図9参照)、又はステージが、フラッドビームがウエハに到達することが可能である第一位置(図10の左側参照)と、画像ビームがウエハに到達することが可能な第二位置(図10の右側参照)との間でカラムを移動させることが必要である。

作業距離が図9におけるように大きなものである場合には、画像分解能が劣化する。ステージが図10におけるように移動せねばならない場合には、ウエハをフラッドビームに照射することに関連する時間オーバーヘッドが高く、ステージの移動は、典型的に、600ミリ秒と2秒との間であり、典型的な画像形成時間よりも1桁大きな値である。

【0055】図11は本発明に基づいて、カラム内にフラッドガンを具備すると共にフラッドビーム屈曲用レンズを具備するシステムの概略断面図である。図11はフラッドビーム光学系の要素が図示されているフラッドビーム軌跡面内における状態を示している。好適実施例においては、フラッドビーム屈曲用レンズは、フラッドビーム675を屈曲させ且つスイッチさせるべく作用する一対の同心状の部分的球状電極1105及び1110を有している。図12はフラッドビーム軌跡面における電極1105及び1110の断面を示しており、図13は図12のA-A線に沿ってとった断面を示している。動作のためにフラッドビームを選択するために、電極1105と1110との間に電圧を印加させる。一次ビーム670を選択するためには、電極1105及び1110が接地され、従って一次ビーム670は影響を受けることなく電極1105における開口1115を介して通過することが可能である。図11に示したように、フラッドガン615からのフラッドビーム675は、整合偏向器1120を介して通過し、オプションの整形用アパーチャ1125を介して通過し、アインツェル(Einzel)レンズ1130を介して通過し、且つオクタポール(octapole)1135を介して通過し、屈曲用レンズ622へ到達する。適当な電圧が屈曲用レンズ622の電極1105と1110との間に印加された場合には、フラッドビーム675がカラム軸へ屈曲され且つ整合偏向器1140を介して通過し、ウイン(Wien)フィルタ1145を介して通過し且つ対物レンズ805を介して通過し、ウエハ660の表面上の所定の領域をフラッドビームさせる。

【0056】屈曲用レンズ622はフラッドビーム675を同時に偏向させ且つフォーカス即ち集束させる。該レンズの屈曲角度は電極1105及び1110の角度(図12における θ)によって決定される。フラッドビーム675をカラム軸へ屈曲させるために、印加電圧がフラッドビームの電子のエネルギーレベルに対して調節される。該印加電圧は、約数十乃至数百ボルトであると推定される。

【0057】フォーカシングが図15及び16に示されている。図15は倍率が低く且つウエハにおけるフラッドビームスポットが小さい場合を示している。図16は倍率が高く且つウエハにおけるフラッドビームスポットが大きい場合を示している。屈曲用レンズの画像(図15及び16における位置p3におけるクロスオーバー)

がどこに形成されるかを決定するために、屈曲用レンズのオブジェクト（フラッドガン615によって形成される位置p1におけるクロスオーバー）が、図15におけるように、電極1105及び1110から離れる方向に移動させるか又は図16におけるように電極1105及び1110へ近づけて移動させる。フラッドガン615と相対的なオブジェクトクロスオーバー（位置p1）の位置は、フラッドガン615のフォーカシングによって決定され、それは、フラッドガン615内のフォーカシング電極（不図示）へ印加される電圧によって制御される。フラッドガンクロスオーバー（位置p1）がフォーカス即ち集束され且つ屈曲用レンズ622によって位置p3へ「経路付け」される。屈曲用レンズ622の倍率は、オブジェクト距離（p1からp2への距離）に対する画像距離（p2からp3への距離）の比によって推定することが可能である。図16におけるようにフラッドガンのフォーカシングを弱めると、屈曲用レンズ622による倍率が高くなる。何故ならば、p1とp2との間の距離が短くなり、一方p2とp3との間の距離が長くなるからである。同様に、フラッドガンフォーカシングを弱めることは、更に、対物レンズの倍率を一層高くする。何故ならば、p3とp4との間の距離が短くなり、一方p4とp5との間の距離は殆ど不変のまま維持されるからである。

【0058】従って、ウエハにおけるフラッドビームスポットはフラッドガンのフォーカシング即ち集束状態を調節することによって制御することが可能である。フラッドガンのフォーカシングを弱めると、全体的な倍率が一層高くなり、従ってフラッドビームスポットが一層大きくなる。微細なフラッドビーム端部の画定が所望される場合には、フラッドガンのクロスオーバー点においてオプションとしての整形用アパーチャ1125を挿入することが可能である。図17は整形用アパーチャ1125を通過する前の、ビーム幅を横断しての電子の分布としてのフラッドビームの形状1700を示している。図18は、整形用アパーチャ1125を通過した後の、ビーム幅を横断しての電子の分布としてのフラッドビームの形状1800を示している。図11に示した構成要素のうちの幾つかは、機械加工及び組立ての不完全性を補償するために採用されている。整合偏向器1120は、フラッドビームをオプションとしての整形用アパーチャ1125に対して、又は屈曲用レンズ622に対して整合させるために使用することが可能である。オクタポール1135は、非点収差を補正すべく作用し且つ屈曲用レンズ622に対してビームを整合させるために使用することも可能である。整合偏向器1140はフラッドビームを対物レンズ805へ整合させるべく作用する。

【0059】フラッドビーム屈曲用レンズ622の電極に対するその他の形態とすることも可能である。例えば、該電極対は、上述したような同心状の部分的球形状

状ではなく、同心状の部分的円筒形状のものとすることが可能である。フラッドビーム軌跡面内の円筒構成の断面は、球状電極構成に対するものと同一であり、従って、図12に示したものと同一である。光学系も、これら2つの構成に対しフラッドビーム軌跡面内においては同一である。図14は図12のA-A線に沿ってとった断面であり、フラッドビーム軌跡面に対して直交する面内における円筒状の電極フラッドビーム屈曲用レンズを示している。フラッドビーム軌跡面に対して直交する面内においては、フラッドビームは球状電極によって偏向され且つフォーカスされるが、円筒状電極によっては偏向されるに過ぎない。その結果、円筒電極構成が使用される場合には、長尺状の断面のフラッドビームが発生される。この場合には、ウエハ表面において一様なフラッドのカバレッジ即ち範囲を得るために該フラッドビームをラスタースキャンさせることが可能である。

【0060】上述したフラッドガンスポット寸法及びビーム電流パラメータは、ウエハを検査する場合に遭遇する多くの場合に適切なものである。然しながら、その他の適用例は高電流フラッディングから有益な効果を得ることが可能である。従って、フラッドガン構成に対する1実施例は、数百 μ Aの範囲内のフラッド電流を発生するために極めて高い電流の電子ガンを採用することである。2.5mmスポットで約400 μ Aの電流を供給することの可能な例えばキンボールフィジックス（Kimball Physics）のEFG-8又はFRA-2x1-2等の高ビーム電流フラッドガンがこの適用例に対して理想的なものである。ビームがレンズ622のビーム屈曲用電極に入る前に、サブミリメートル即ち1ミリメートル未満のクロスオーバースポットを発生するために、該ガンからのスポットを縮小させるためにフォーカシングレンズ（例えば、アインツェル（Einzell）レンズ1130）を使用することが可能である。

【0061】この高電流構成は、例えば、金属ストリング又は汚染物架橋によって低抵抗の短絡（数十k Ω 程度の抵抗値）等のそうでなければ検知することが困難な欠陥を検知することを容易なものとさせる。図19は導体から基板への抵抗性短絡を持ったウエハの一部の一例を断面で示している。このような見つけることが困難な欠陥を検知することは、それが進化されたデバイス製造

（0.35ミクロン以下の技術）においてますます一般的なものとなるので、重要である。このような欠陥は極めて小さく、それらは光学的顕微鏡によって検知することは不可能である。それらは荷電粒子顕微鏡で見ることが可能であるが、荷電粒子顕微鏡は高い倍率で動作する場合に、その視野は非常に小さいので、それを見つけ出すことは極めて困難である。一方、電圧コントラスト荷電粒子ビームシステムは、これらの欠点をこうむることはない。何故ならば、それは、微小な欠陥自身を検知するものではなく欠陥の結果を見つけ出すべく構成されて

いるからであり、この場合には、微小な欠陥に起因する微小回路に関する電圧コントラスト変化を容易に検知することが可能だからである。電圧コントラストシステムがこれらの欠陥を検知するためには、該システムは、フローティング状態にある導体と接地状態にある導体との間の電圧コントラストを確立するために導体をチャージアップ即ち充電することが可能でなければならない。数百 μ Aの電流を供給することの可能なフラッドガンを使用することは、数十k Ω 程度の低い低抵抗短絡を検知することを可能とする。

【0062】このような高電流のフラッドガンを使用する別の理由は、例えば、SRAMメモリネットワーク等の大きなフローティング導体ネットワークに関する短絡を検知するためである。図20は電氣的リークを有する導体の大きなネットワークを具備するウエハの一部の概略断面図である。この場合には、各セルからの小さなリークが蓄積して、該ネットワークをチャージアップするのに高電流のフラッドガンが必要となるような大きなネットワークからのリークとなっている。

【0063】高電流フラッドガン構成は、更に、例えば図21のネットワーク2105及び2110等の2つの大きなフローティング導体ネットワーク間を架橋する欠陥を検知するような非常に困難な場合の検知をも可能なものとさせる。このタイプの欠陥を検知するためには、例えば2120及び2125等の導体パッドをデバッグ目的のために各ネットワーク内に設けることが可能である。該導体パッドは、それが正方形である場合には、各辺が数ミクロン乃至数十ミクロンとすることが可能である。回路をテストするために、該ネットワークのうちの一方をそのネットワークに対するデバッグパッドをフラッディングさせることによって最初にチャージアップさせる。例えば、ネットワーク2105をデバッグパッド2120をフラッディングさせることによってチャージアップさせる。次いで、該システムは、一次ビームを使用して他方のネットワーク2110の電圧コントラストを検査する。第二ネットワーク2120が充電されたことが判別される場合には、それら2つのネットワークの間に短絡が存在することとなる。別の技術としては、デバッグパッドに対して機械的プローブ又はプローブカードを降下させ且つフラッドガンで充電させる代わりに外部電源で導体電圧を上昇させることによるものである。然しながら、これらの技術は、機械的な位置決め及び整合に起因して処理能力が低く且つ機械的接触に起因して粒子汚染が発生するという欠点を有している。

【0064】以上、本発明の具体的実施の態様について詳細に説明したが、本発明は、これら具体例にのみ限定されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに種々の変形が可能であることは勿論である。例えば、本発明を、電子フラッドガン及び電子ビームプローバーを使用する場合について詳細に説明した

が、例えば、フォーカストイオンビーム技術、又は機械的、光学的又は原子力プローブ等のその他の荷電粒子技術を使用することも可能である。電荷を付与するその他の手段としては、直接的電氣的接触又は電界アプローチ等がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に基づいてウエハの欠陥を検知するシステムを示した概略図。

【図2】 図1の構成において使用するのに適した電子ビームカラムのフラッドガン、二次電子検知器及び対物レンズの詳細な構成を示した概略図。

【図3】 (a)乃至(d)は異なる欠陥を有するICの電圧コントラスト画像を示した各概略図。

【図4】 (a)及び(b)は欠陥を有する場合及び欠陥を有しない場合のICの一部のSEM顕微鏡写真の各概略図。

【図5】 図3(a)－(d)における構成から得られるラインスキャンデータを示した概略図。

【図6】 本発明に基づいてウエハの欠陥を検知するためのシステムを示した概略図。

【図7】 図6のシステムの動作シーケンスを示したシステム制御タイミング線図。

【図8】 本発明に基づいてカラム内にフラッドガンを有するシステムを示した概略断面図。

【図9】 カラム内にフラッドガンを有することのないシステムを示した概略図。

【図10】 図9のシステムの動作を説明するのに有用な概略図。

【図11】 本発明に基づいてカラム内にフラッドガンを具備しており且つフラッドビーム屈曲用レンズを具備するシステムを示した概略図。

【図12】 本発明に基づくフラッドビーム屈曲用レンズを示した概略図。

【図13】 本発明に基づく球状電極フラッドビーム屈曲用レンズを示した図12のA-A線に沿ってとった概略断面図。

【図14】 本発明に基づく円筒状電極フラッドビーム屈曲用レンズを示した図13のA-A線に沿ってとった概略断面図。

【図15】 小さなフラッドスポットを発生するために低倍率に設定したフラッド光学系を具備する図11のシステムを示した概略図。

【図16】 大きなフラッドスポットを発生するために高い倍率に設定したフラッド光学系を具備する図11のシステムを示した概略図。

【図17】 本発明に基づいてアパーチャを通過する前のフラッドビームの形状を示した概略図。

【図18】 本発明に基づいてアパーチャを通過した後のフラッドビームの形状を示した概略図。

【図19】 導体から基板への抵抗性短絡を具備するウ

エハの一部を示した概略断面図。

【図20】 電氣的リークを有する大きな導体のネットワークを具備するウエハの一部を示した概略断面図。

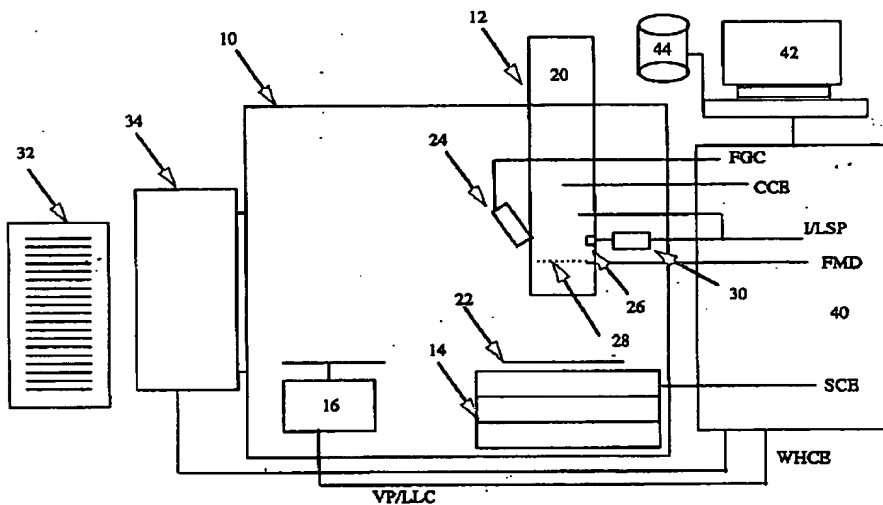
【図21】 複数のフローティング導体ネットワーク間に短絡を有するウエハの一部を示した概略断面図。

【符号の説明】

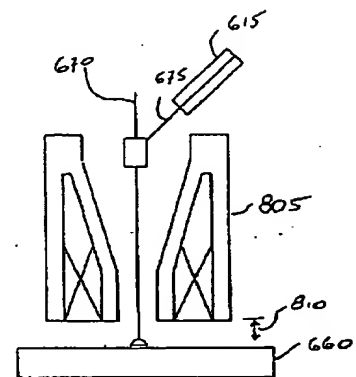
- 10 真空室
12 電子ビーム装置
14 ステージ
16 ウエハ取扱いロボット
20 スキャニング電子顕微鏡カラム

- 22 ウエハ
24 電子供給源（フラッドガン）
26 二次電子検知器
28 フィルターメッシュ
30 高電子増倍管
32 ウエハカセット
34 ロードロック
40 制御システム
42 コンピュータ
44 データベース

【図1】

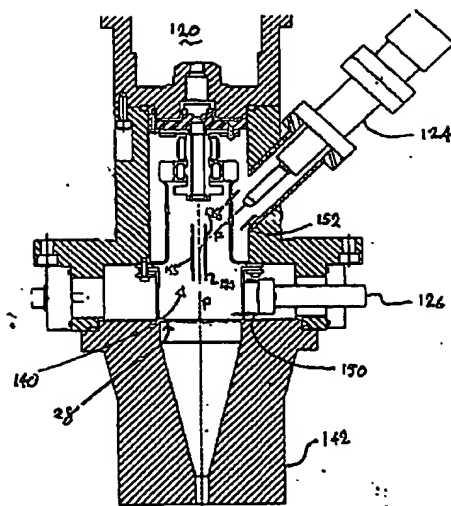


【図8】

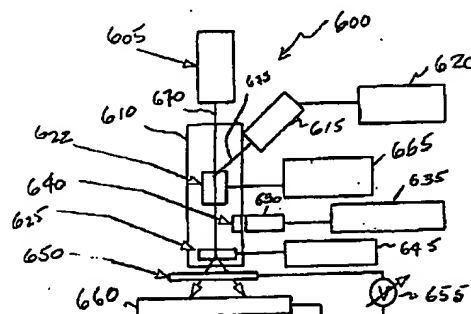


【図12】

【図2】



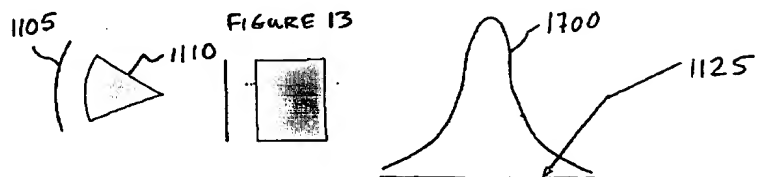
【図6】



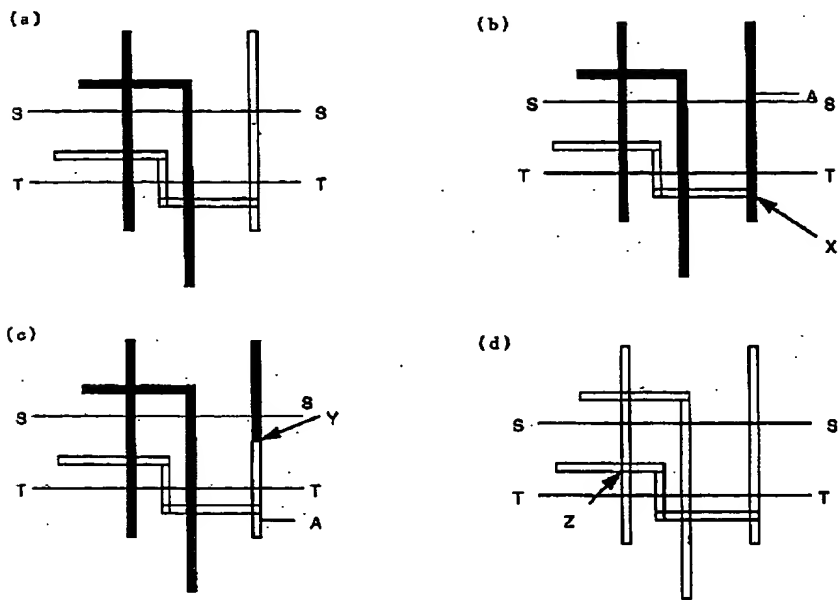
【図13】

【図14】

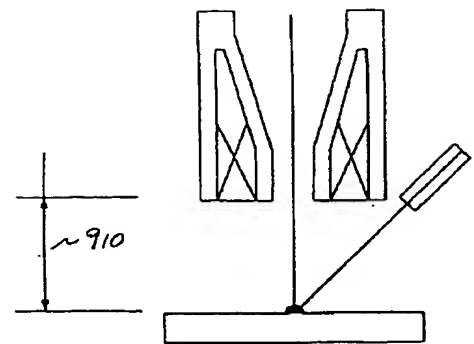
【図17】



【図3】

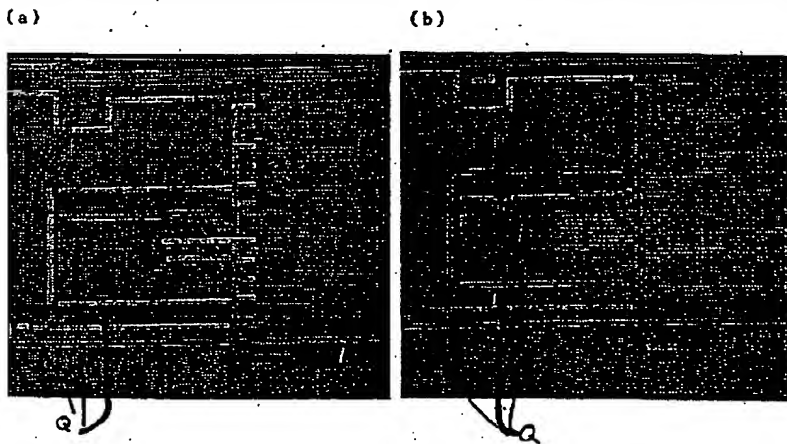


【図9】

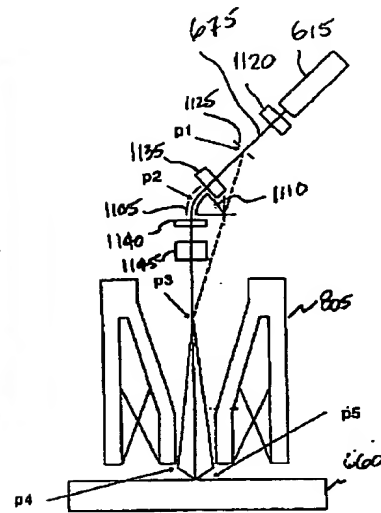


【図4】

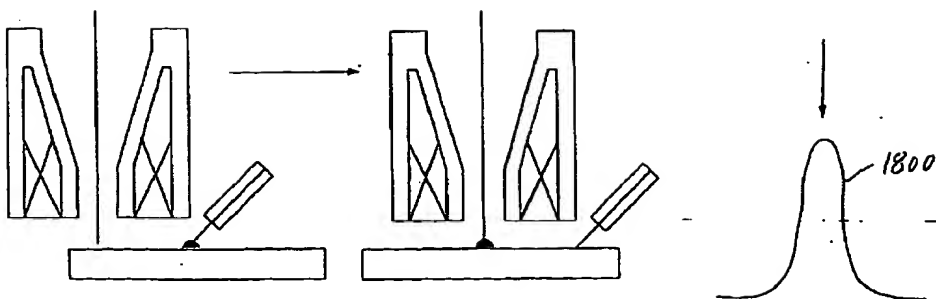
【図15】



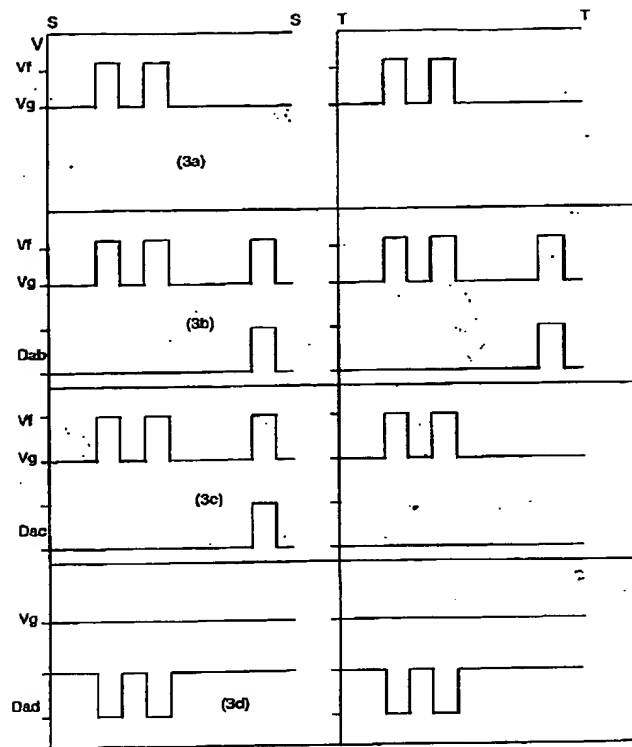
【図10】



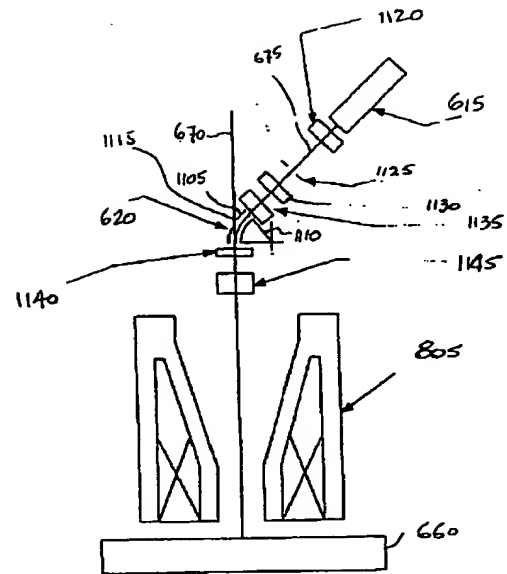
【図18】



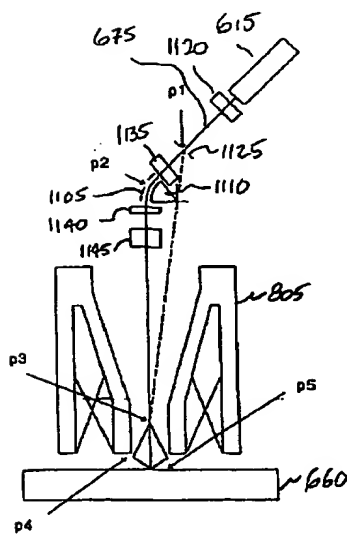
【図5】



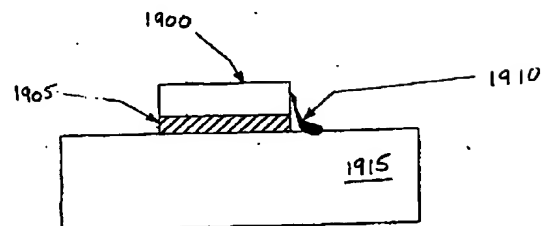
【図11】



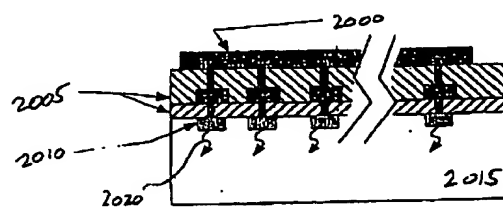
【図16】



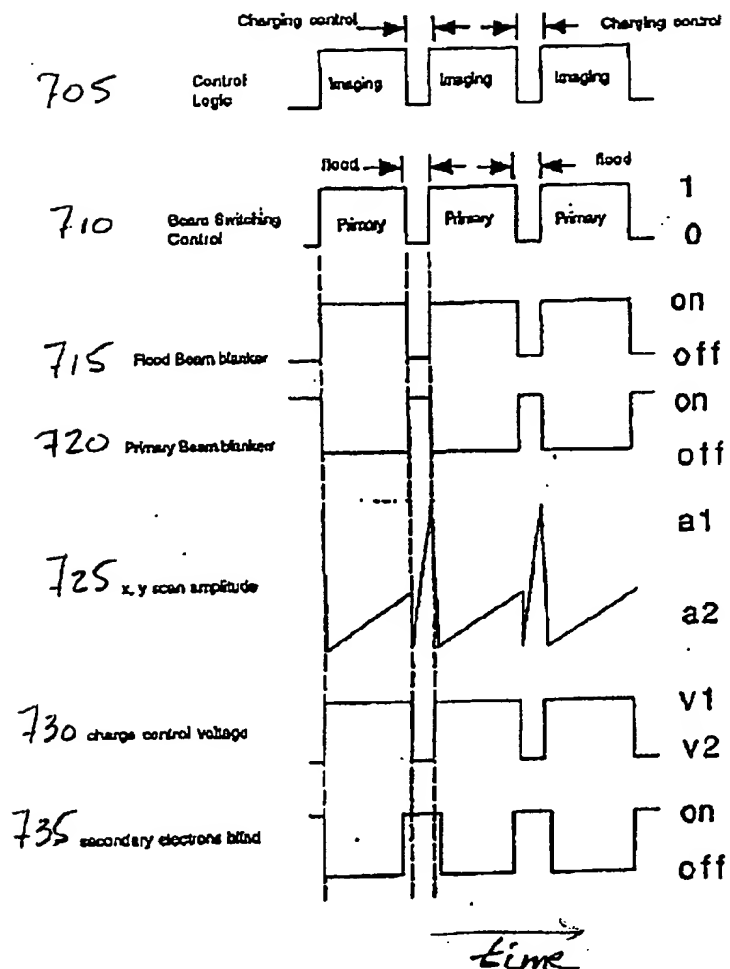
【図19】



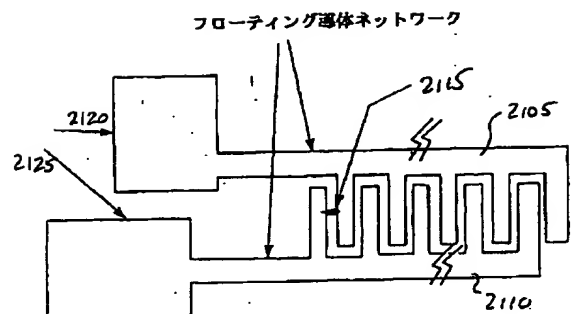
【図20】



【図7】



【図21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

G 0 1 R 1/06

G 0 1 R 1/06

F

31/302

H 0 1 J 37/28

A

// H 0 1 J 37/28

G 0 1 R 31/28

L

(72) 発明者 チウオエイ ウエイン ロ
 アメリカ合衆国, カリフォルニア
 95008, キャンベル, オレステス ウ
 エイ 2039

(72) 発明者 ルイス カミロ オルウエラ
 アメリカ合衆国, カリフォルニア
 95128, サン ノゼ, コンコルド ア
 ベニュー 770, ナンバー 4
 (72) 発明者 リ ウォン
 アメリカ合衆国, カリフォルニア
 95131, サン ノゼ, グッディー レ
 ーン 1537